

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
7. Februar 2002 (07.02.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/10738 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G01N 29/18**,
9/24

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/00580

(22) Internationales Anmeldedatum:
19. Januar 2001 (19.01.2001)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
100 36 567.1 27. Juli 2000 (27.07.2000) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **SONEM GMBH** [DE/DE]; Glaser, Eckard,
Friedrich-Bergius-Ring 34, 97076 Würzburg (DE).
GLASER, Eckard [DE/DE]; Sonem GmbH, Auf der
Schanz 26, 97076 Würzburg (DE). **WROBEL, Miroslaw**

[DE/DE]; Sonem GmbH, Gertraud-Rostosky-Strasse 35,
97082 Würzburg (DE). **GRASSMANN, Janet** [DE/DE];
Sonem GmbH, Hohe Roth 5, 95246 Eibelsstadt (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **STERGIOPOULOS,**
Stergios [CA/CA]; 124 Lawrence Avenue East, Toronto,
Ontario M4N 1S8 (CA).

(74) Anwalt: **LANGE, Heinke**; Enoch-Widman-Strasse 5,
95028 Hof (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): CA, CN, JP, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, SE, TR).

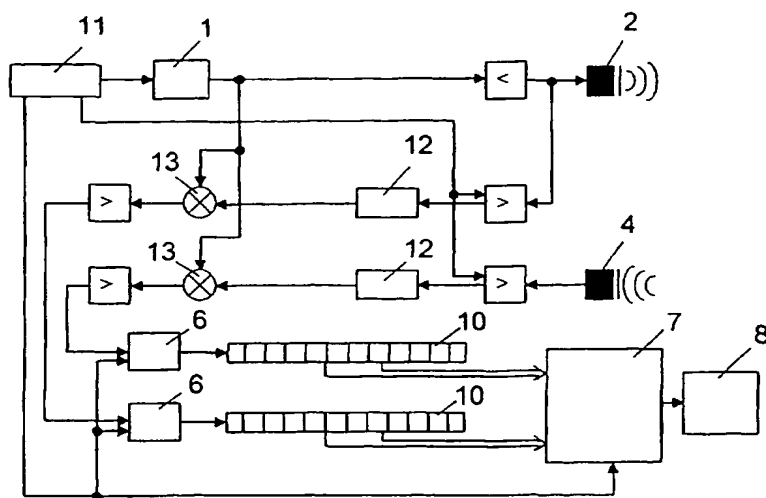
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE FOR DETERMINING THE CHANGE IN THE DENSITY OF A MEDIUM

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUR FESTSTELLUNG DER ÄNDERUNG DER DICHT EINES MEDIUMS



(57) Abstract: The invention relates to a device for determining the change in the density of a solid, liquid or gaseous medium. Said device is able to detect the effects of physical and/or chemical parameters which cause changes in the density and/or the compression constant of the medium. The device comprises an emission device (2) for emitting an emission signal with constant frequency and amplitude, said signal having at least one period. At least one receiving device (4) picks up the response signals which are reflected and/or transmitted from the medium. Said emission device and said receiving device are coupled to the medium (3). The receiving device is coupled to an A/D converter (6) and a sampling device. The emission device and the exit of the A/D converter are connected to a numeric processing device (7) which is used to determine the phase displacement between the emission signal and the receiver signal. The output of said numeric processing device is connected to a display screen (8) or a storage medium.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/10738 A1



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Feststellung der Änderung der Dichte eines festen, flüssigen oder gasförmigen Mediums. Die Vorrichtung ist in der Lage, Einwirkungen von physikalischen und/oder chemischen Parametern, die Änderungen in der Dichte und/oder der Kompressionskonstanten des Mediums zur Folge haben, zu erfassen. Die Vorrichtung besteht aus einer Sendeeinrichtung (2) zum Aussenden eines Sendesignals mit konstanter Frequenz und Amplitude, wobei das Sendesignal mindestens eine Periode besitzt. Mindestens eine Empfangseinrichtung (4) nimmt die reflektierten und/oder transmittierten Antwortsignale aus dem Medium auf. Sendeeinrichtung und Empfangseinrichtung sind an das Medium (3) gekoppelt. Die Empfangseinrichtung ist mit einem A/D-Wandler (6) und einer Samplingeinrichtung gekoppelt. Die Sendeeinrichtung und der Ausgang des A/D-Wandlers sind mit einer numerischen Verarbeitungseinrichtung (7) zur Bestimmung der Phasenverschiebung zwischen dem Sendesignal und dem Empfangssignal verbunden, deren Ausgang mit einem Display (8) oder einem Speichermedium verbunden ist.

Vorrichtung zur Feststellung der Änderung der Dichte eines Mediums

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Feststellung der Änderung der Dichte eines
5 festen, flüssigen oder gasförmigen Mediums. Die Vorrichtung ist insbesondere in der Lage,
Einwirkungen von physikalischen und/oder chemischen Parametern, die Änderungen in
der Dichte und/oder der Kompressionskonstanten des Mediums zur Folge haben, wie sie
zum Beispiel bei Temperatur- oder Druckänderungen, bei einer chemischen,
biochemischen oder physikalischen Reaktion auftreten, in ihrer Auswirkung auf die
10 Dichte des Mediums zu erfassen.

Änderungen der Temperatur und des Druckes werden bekanntlich mit herkömmlichen
Mitteln zur Temperatur- und Druckmessung erfasst. Diese Mittel versagen jedoch, wenn
ein Medium nicht zugänglich ist oder sich das Medium in einer Umgebung befindet, in der
15 keine Messeinrichtungen eingebracht werden können. Außerdem sind diese Änderungen
häufig so gering, dass sie nur mit sehr aufwendigen Messeinrichtungen gemessen werden
können.

In vielen Fällen ist die Änderung von Temperatur und/oder Druck für den Anwender nur
20 ein Hinweis dafür, dass das Medium die gewünschte Eigenschaft erreicht hat, z.B. dass ein
Öl die erforderliche Viskosität besitzt, dass ein empfindliches Gefriergut aufgetaut ist, dass
ein Prozess stattfindet oder stattgefunden hat usw.. Temperatur- und/oder Druckmessung
dienen damit der Einstellung oder der Feststellung einer bestimmten Qualität eines festen,
flüssigen oder gasförmigen Mediums.

25 Soll eine sehr genau Bestimmung von Änderungen vorgenommen werden, oder ein
bestimmte Eigenschaft des Mediums sehr genau bestimmt werden, treten die Änderungen
plötzlich ein, oder sind schnelle Änderungen zu erfassen, scheiden alle bekannten
Messverfahren aus. Es ist deshalb erforderlich, ein neues Verfahren zu schaffen, durch das
30 diese Vorgänge erfasst werden können.

Es ist deshalb die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung vorzuschlagen, mit der eine Änderung der strukturellen Eigenschaften eines festen, flüssigen oder gasförmigen Mediums mit möglichst geringen Aufwand hochgenau und sehr schnell festgestellt werden kann. Die Vorrichtung soll geeignet sein, auch die strukturelle

5 Eigenschaften von nicht oder schwer zugängliche Medien in geschlossenen Behältern zu erfassen.

Die Aufgabe wird durch die Merkmale der anhängenden Patentansprüche gelöst. Die Vorrichtung zur Feststellung der Änderung der Dichte eines Mediums besteht aus einer

10 Sendeeinrichtung zum Aussenden eines Sendesignals mit konstanter Frequenz und Amplitude, wobei das Sendesignal mindestens eine Periode besitzt und die Sendeeinrichtung an das Medium gekoppelt ist. Zum Aufnehmen der reflektierten und/oder transmittierten Antwortsignale aus dem Medium ist mindestens eine

15 Empfangseinrichtung vorhanden. Die Empfangseinrichtung ist mit einem A/D-Wandler und einer Samplingeinrichtung gekoppelt. Die Sendeeinrichtung und der Ausgang des A/D-Wandlers ist mit einer numerischen Verarbeitungseinrichtung zur Bestimmung der Phasenverschiebung zwischen dem Sendesignal und dem Empfangssignal verbunden, deren Ausgang mit einem Display verbunden ist. Anstelle des Displays kann auch ein Speichermedium verwendet werden, aus dem später der zeitliche Verlauf der Änderung der

20 Dichte abgenommen werden kann.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist das Sendesignal sinusförmig, in einer anderen Ausführungsform ist das Sendesignal ein akustisches Signal. Die Vorrichtung kann also zum Beispiel im Ultraschallgebiet verwendet werden.

25

Die Sendeeinrichtung ist in einem vorteilhaften Ausführungsbeispiel so gestaltet, dass sie zwei Sendesignalen unterschiedlicher Frequenz aussenden kann, wobei sich die Sendesignale über die Signaldurchlaufzeit um maximal eine Periode unterscheiden. Es genügt für die Auswahl der Frequenzen der Sendesignale die ungefähre Kenntnis über die

30 Länge und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Sendesignal im Medium. Die Tatsache, dass sich die Sendesignale über diese Durchlaufänge nur um maximal eine Periode

- 3 -

unterscheiden, wird für eine genaue Bestimmung der Durchlauflänge des Signals durch das Medium ausgenutzt.

- Die Sendeeinrichtung und die Empfangseinrichtung können aus einem umschaltbaren
 5 Sensor bestehen, und die Länge des Sendesignals ist dann maximal gleich dem zweifachen Abstand zwischen dem Sensor und dem Reflexionspunkt des Sendesignals im Medium.

- Die Beschreibung der Funktion erfolgt zunächst für den Fall, dass die Länge, das ist der Weg des Sendesignals zwischen der Sendeeinrichtung und der Empfangseinrichtung
 10 bekannt und konstant ist. Dann gilt:

$$\Delta T_p = \frac{L}{\Delta v}$$

mit T_p Durchlaufzeit durch das Medium und v die Geschwindigkeit des Signals.

- Es wird ein Signal mit der Frequenz f_1 in Abhängigkeit von Medium und Sender
 15 ausgesendet.

Das Empfangssignal wird mit einer Abtastfrequenz f_{smp} mit $f_{smp} = \frac{n}{m} f_1$ mit
 $m, n \in \mathbb{N}$ abgetastet.

- Bei Verwendung eines umschaltbaren Sender/Empfängers müssen innerhalb des Weges $2L$
 20 jeweils ein Vielfaches der Periode des Sendesignals und ein Vielfaches der Periode des Abtastsignals zur Übereinstimmung kommen.

$$\text{Bsp.: } f_{smp} = 3.5 f_1 \Leftrightarrow 2 f_{smp} = 7 f_1)$$

- 25 Die Abtastfrequenz f_{smp} kann kleiner als, gleich oder größer als die Nyquist-Frequenz des Sendesignals sein. m und n sind durch den Weg L und die Sendecharakteristik beschränkt.

Zuerst wird die Referenzlaufzeit T_x bestimmt, indem die Phasenverschiebung φ_x zwischen dem Sendesignal und dem Empfangssignal beim Durchlauf des Sendesignals durch das Medium im Referenzzustand gemessen wird. Um φ_x zu messen, werden z.B. 7 Samplingpunkte (das entspricht 2 Perioden des Sendesignals) herausgegriffen. Dann ergibt sich

$$T_x = \frac{\varphi_x + 2\pi N}{2\pi f_1}$$

wobei N die Anzahl der vollen Perioden des Sendesignals innerhalb des Weges des Signals vom Sender zum Empfänger ist.

Da L bekannt ist, kann man bei Bedarf z.B. die Referenzgeschwindigkeit v_x mit der Formel

$$v_x = \frac{L}{T_x}$$

berechnen.

Wenn eine Veränderung der physikalischen Eigenschaften des Mediums erfolgt, wird sich die Geschwindigkeit und folglich die Laufzeit des Signals ändern, da L fest ist. Nun wird also erneut eine Phasenverschiebung φ_p gemessen und aus der Differenz zur

vorhergehenden Phasenverschiebung kann nun die Laufzeit T_p bestimmt werden. Dann ergibt sich

$$\Delta T = T_p - T_x = \frac{(\varphi_p - \varphi_x)}{2\pi f_1}$$

Aus den Veränderungen der Durchlaufzeit T_p [s] kann auf Veränderungen von physikalischen Eigenschaften des Mediums geschlossen werden. Ebenso könnte man das Verhältnis von $\frac{T_p}{T_x}$ betrachten und grafisch darstellen, um Rückschlüsse auf

- 5 -

Veränderungen im Medium zu ziehen. Bei Bedarf ist es auch möglich, die Geschwindigkeitsänderung Δv des Signals im Medium zu berechnen mit

$$\Delta v = \frac{L}{\Delta T}.$$

- 5 Ist die Länge L , d.h. der Weg zwischen der Sendeeinrichtung und der Empfangseinrichtung nur „ungefähr“ bekannt und veränderlich und auch die Geschwindigkeit des Signals durch das Medium etwa bekannt, ist die Funktionsweise wie folgt.
- 10 Um von L unabhängig zu sein, werden in diesem Fall zwei Signale mit unterschiedlichen Frequenzen f_1 und f_2 ausgesendet. Es gelten folgende Bedingungen:

$$L \pm \Delta L$$

- 15 ΔL sei hinsichtlich den Veränderungen der physikalischen Eigenschaften des Mediums relativ zur Veränderung Δv der Geschwindigkeit des Signals vernachlässigbar.

- Für die beiden Sendesignale gelte $nf_1 = mf_2$ mit $|m - n| \leq 1$, d.h. innerhalb des beschallten Gebietes unterscheiden sich die Sendesignale mit den Frequenzen f_1 und f_2 um weniger als eine Periode. Das bedeutet auch, je größer $L + \Delta L$ ist, desto geringer muss der Unterschied zwischen den Frequenzen sein. Die Frequenzen der beiden Signale sind von dem Medium, Sendecharakteristik, der ungefähren Länge des Schallweges sowie der ungefähren Signalgeschwindigkeit im Medium abhängig.
- 20

- 25 Es gilt: $f_{\text{samp}} = \frac{n_1}{m_1} f_1 = \frac{n_2}{m_2} f_2$ mit $n_1, n_2, m_1, m_2 \in \mathbb{N}$

$$\begin{aligned} \text{(Bsp.: } 2f_{\text{samp}} &= 7f_1 \\ 2f_{\text{samp}} &= 6.5f_2 \Rightarrow 4f_{\text{samp}} = 13f_2). \end{aligned}$$

- 30 Es werden nacheinander zwei Sendesignale gesendet und die reflektierten bzw. transmittierten Signale so mit der Frequenz f_{samp} abgetastet, dass jeweils ein Vielfaches

- 6 -

einer vollen Periode des entsprechenden Signals in den Sendesignalen enthalten ist. Die Abtastfrequenz f_{samp} kann dabei unabhängig von der Nyquist-Frequenz gewählt werden.

Es können z.B. 7 Samplingpunkte 2 Perioden des ersten Sendesignals mit der Frequenz f_1 entsprechen und 13 Samplingpunkte 4 Perioden des zweiten Sendesignals mit der

5 Frequenz f_2) entsprechen, wie in dem obigen Beispiel dargestellt.

Mit Hilfe der gesampelten Werte werden die Phasen $\varphi_{E,1}$ und $\varphi_{E,2}$ der empfangenen Signale sowie $\varphi_{S,1}$ und $\varphi_{S,2}$ der Sendesignale gemessen. Daraus kann mit der Formel

$$10 \quad N = - \frac{(\varphi_{E,1} - \varphi_{S,1})f_2 - (\varphi_{E,2} - \varphi_{S,2})f_1}{2\pi(f_1 - f_2)}$$

der Wert für N (N entspricht der Anzahl der vollen Perioden des Sendesignals mit der Frequenz f_1 innerhalb des Messweges) berechnet werden. Eine andere Möglichkeit besteht darin, die Signale mit einer Phase von 0° auszusenden und nur die Phasen der

15 Empfangssignale zu messen. Dann vereinfacht sich die obige Formel zu

$$N = - \frac{(\varphi_{E,1})f_2 - (\varphi_{E,2})f_1}{2\pi(f_1 - f_2)}$$

20 Sind N und die gemessene Durchlaufzeit im Referenz- bzw. Ausgangszustand des Mediums T_x bekannt, ergibt sich die neue Durchlaufzeit T_p durch

$$T_p = T_x - \frac{\varphi_{E,1} - \varphi_{S,1} + 2\pi N}{2\pi f_1} = T_x - \frac{\varphi_{E,2} - \varphi_{S,2} + 2\pi N}{2\pi f_2}$$

25 Betrachtet man die Veränderung der Durchlaufzeit $T_p - T_x$ über die Zeit, so kann man auch hier Rückschlüsse auf Veränderungen der physikalischen Eigenschaften im Medium schließen. Falls für beide gesendete Signale f_1 und f_2 Abweichungen vorhanden sind,

- 7 -

kann z.B. die aus den beiden Werten von T_p , die sich aus den Berechnungen ergeben, ein Mittelwert gebildet werden.

Entscheidend ist stets der Weg zwischen der Sendeeinrichtung und der

- 5 Empfangseinrichtung. Ist ein gutes Echo vorhanden, d.h. sind z.B. sich gegenüberliegende parallele Wände im Medium vorhanden, sollte das Verfahren in der Reflexion verwendet werden. Es ist dann nur ein Koppelpunkt der Vorrichtung an das Medium vorhanden und es kann einfach durch leichte Verschiebungen der Sende-/Empfangseinrichtung ein maximales Echosignal ermittelt werden.

10

Das Verfahren kann sowohl im Schallgebiet als auch mit Hilfe elektromagnetischer Wellen durchgeführt werden.

Die Erfindung soll nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert werden.

15

Fig. 1 zeigt den grundsätzlichen Aufbau der vorliegenden Erfindung, und
Fig. 2 zeigt ein spezielles Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

- In Fig. 1 ist der prinzipielle Aufbau der Vorrichtung zur Feststellung der Änderung der
20 Dichte eines Mediums dargestellt. Ein Generator 1 und eine Sendeeinrichtung 2 erzeugen ein Sendesignal mit konstanter Frequenz und Amplitude, wobei das Sendesignal mindestens eine Periode besitzt. Die Sendeeinrichtung 2 ist an das Medium 3 gekoppelt. Zum Aufnehmen der reflektierten und/oder transmittierten Antwortsignale aus dem Medium 3 ist mindestens eine Empfangseinrichtung 4 vorhanden. Die
25 Empfangseinrichtung 4 wird von einer Samplingeinrichtung 5 angesteuert, der ein A/D-Wandler 6 folgt. Die Sendeeinrichtung 2 und der Ausgang des A/D-Wandlers 6 sind mit einer numerischen Verarbeitungseinrichtung 7 zur Bestimmung der Phasenverschiebung zwischen dem Sendesignal und dem Empfangssignal verbunden, deren Ausgang an ein Display 8 gekoppelt ist. Es ist auch möglich, zusätzlich oder anstelle des Displays ein
30 Speichermedium 9 anzuschließen. Aus der Veränderung der Phasenverschiebung über eine

bestimmte Zeit können nachträglich bestimmte Eigenschaften des Mediums ermittelt werden.

5 Zur Funktion dieser Vorrichtung ist es erforderlich, dass die Länge des Sendeweges, d.h. der Weg des Sendesignals von der Sendeeinrichtung 2 durch das Medium 3 bis zur Empfangseinrichtung 4 sowie die Geschwindigkeit des Sendesignals durch das Medium 3 bekannt sind.

10 In Fig. 2 ist eine Vorrichtung zur Feststellung von Veränderungen der Änderung der Dichte eines Mediums 3 dargestellt, die zusätzlich mit einer Kalibrierungseinheit ausgerüstet ist. Ein Generator 1 und eine Sendeeinrichtung 2 erzeugen gleichzeitig oder kurz hintereinander zwei Sendesignale mit konstanter Frequenz und Amplitude, wobei die Sendesignale mindestens eine Periode besitzen. Die Sendeeinrichtung 2 ist an das Medium 3 gekoppelt. Zum Aufnehmen der reflektierten und/oder transmittierten Antwortsignale aus
15 dem Medium 3 ist eine Empfangseinrichtung 4 vorhanden. Die Sendeeinrichtung 2 und die Empfangseinrichtung 4 sind an identische Kanäle gekoppelt, in denen die Signale in bekannter Weise konditioniert und in einem Filter 12 gefiltert werden. In einem Mischer 13 werden die Signale jeweils mit dem Sendesignal gemischt. Beide Kanäle sind über ein Schieberegister 10, in dem sich die Digitalwerte aus dem A/D-Wandler 6 befinden, mit
20 einer numerischen Verarbeitungseinrichtung 7 zur Bestimmung der Phasenverschiebung zwischen dem Sendesignal und dem Empfangssignalen der beiden Frequenzen verbunden, deren Ausgang in diesem Fall ebenfalls an ein Display 8 gekoppelt sind.

25 Diese Ausführungsform ist besonders für die Anwendungsfälle geeignet, in denen die Länge des Weges von der Sendeeinrichtung 2 durch das Medium 3 zur Empfangseinrichtung 4 und die Geschwindigkeit des Sendesignals durch das Medium 3 nur ungefähr bekannt sind. Zur Bestimmung der Länge des Weges von der Sendeeinrichtung 2 zur Empfangseinrichtung 4 werden zwei Sendesignale unterschiedlicher Frequenz erzeugt, die sich über den Weg von der Sendeeinrichtung 2 zur
30 Empfangseinrichtung 4 nur um maximal eine Periode unterscheiden. Aus der Phasenverschiebung, die durch diese Bedingung innerhalb einer Periode liegt, kann die

- 9 -

Länge des Weges von der Sendeeinrichtung 2 zur Empfangseinrichtung 4 in der Berechnungseinheit 7 genau bestimmt werden, wie einleitend erläutert wurde. Für die weitere Feststellung von Phasenverschiebungen zwischen dem Sendesignal und dem Empfangssignal können dann beide Signale herangezogen werden, es kann aber auch eines
5 der Signale ausgeschaltet werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Feststellung der Änderung der Dichte eines Mediums, dadurch gekennzeichnet, dass eine Sendeeinrichtung zum Aussenden eines Sendesignals mit konstanter Frequenz und Amplitude vorhanden sind, wobei das Sendesignal mindestens eine Periode besitzt und die Sendeeinrichtung an das Medium gekoppelt ist, dass zum Aufnehmen der reflektierten und/oder transmittierten Antwortsignale aus dem Medium mindestens eine Empfangseinrichtung vorhanden ist, dass die Empfangseinrichtung mit einem A/D-Wandler und einer Samplingeinrichtung gekoppelt ist, dass die Sendeeinrichtung und der Ausgang des A/D-Wandlers mit einer numerischen Verarbeitungseinrichtung zur Bestimmung der Phasenverschiebung zwischen dem Sendesignal und dem Empfangssignal verbunden ist, deren Ausgang mit einem Display verbunden ist.
2. Vorrichtung zur Feststellung der Änderung der Dichte eines Mediums nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Sendesignal sinusförmig ist.
3. Vorrichtung zur Feststellung der Änderung der Dichte eines Mediums nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Sendesignal ein akustisches Signal darstellt.
4. Vorrichtung zur Feststellung der Änderung der Dichte eines Mediums nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Sendeeinrichtung zum Aussenden von zwei Sendesignalen unterschiedlicher Frequenz vorgesehen ist und dass sich die Sendesignale über die Signaldurchlaufzeit um maximal eine Periode unterscheiden.
5. Vorrichtung zur Feststellung der Änderung der Dichte eines Mediums nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Sendeeinrichtung und die Empfangseinrichtung aus einem umschaltbaren Sensor besteht, und die Länge des Sendesignals maximal gleich dem zweifachen Abstand zwischen dem Sensor und dem Reflexionspunkt des Sendesignals im Medium ist.

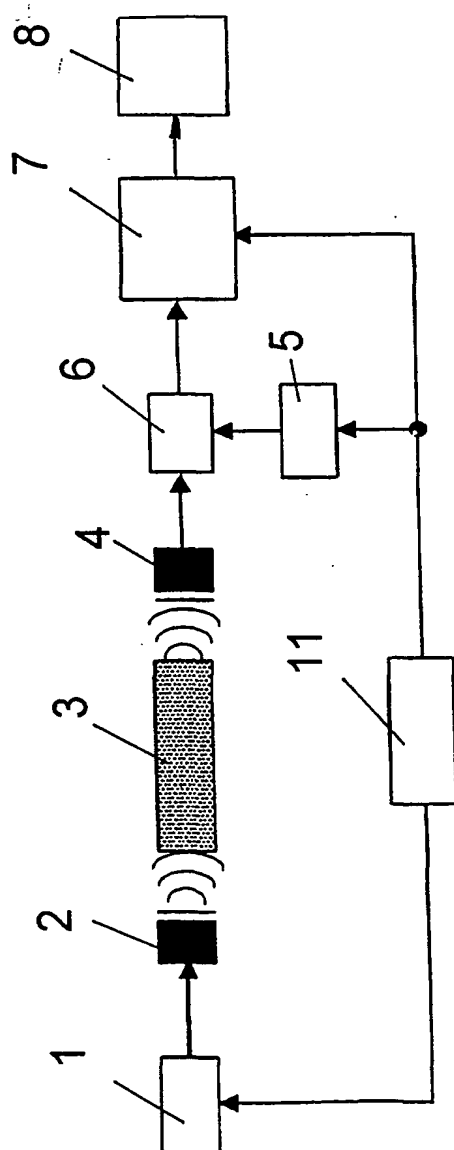


Fig. 1

THIS PAGE BLANK (USPTO)

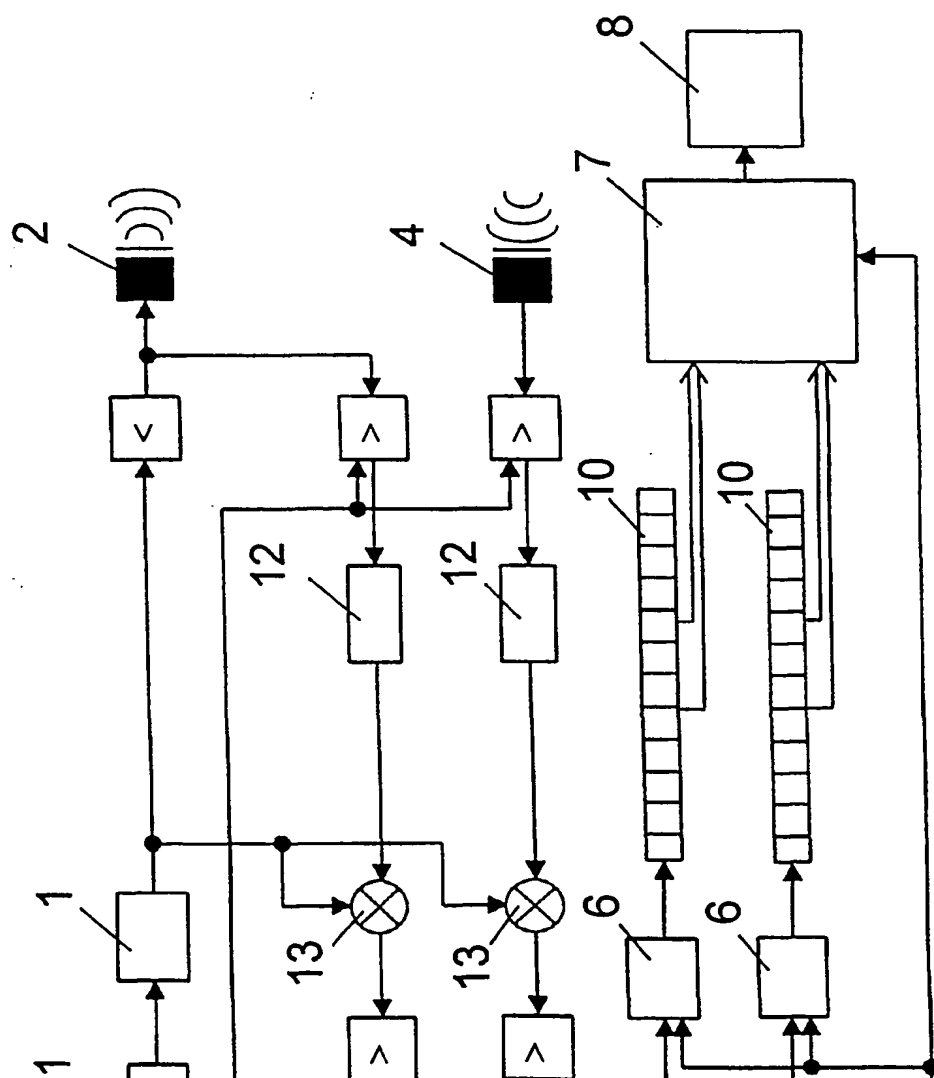


Fig. 2

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT 01/00580

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G01N29/18 G01N9/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 012 324 A (JAKKULA PEKKA ET AL) 11 January 2000 (2000-01-11) column 2, line 47 -column 5, line 24 ---	1-3,5
X	EP 0 990 887 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 5 April 2000 (2000-04-05) column 6, line 6 -column 7, line 1; figure 1A ---	1-5
X	US 4 499 418 A (HELMS DAVID A ET AL) 12 February 1985 (1985-02-12) column 1, line 50 -column 3, line 46 ---	1-5
X	US 5 969 254 A (YAMAGUCHI SEIJI) 19 October 1999 (1999-10-19) column 5, line 39 -column 6, line 18; figures 1,10-12 --- -/--	1-3,5

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

Z document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 May 2001

Date of mailing of the international search report

07/06/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Skalla, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 01/00580

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	GB 798 323 A (COAL INDUSTRY PATENTS LTD; LEONARD EDWARD LAWLEY) 16 July 1958 (1958-07-16) page 1, line 75 -page 2, line 32; figure 4 page 4, line 128 -page 5, line 82 ---	1-3,5
A	US 5 603 325 A (WIENER SCOTT A ET AL) 18 February 1997 (1997-02-18) column 1, line 25 - line 29 column 5, line 56 -column 7, line 59 ---	1
A	EP 0 430 859 A (PURITAN BENNETT CORP) 5 June 1991 (1991-06-05) page 4, line 30 - line 41 page 8, line 40 -page 10, line 4 ---	1-3
A	US 4 265 125 A (MAHANY RICHARD J) 5 May 1981 (1981-05-05) column 2, line 21 - line 24 column 2, line 50 -column 3, line 13 column 4, line 30 -column 6, line 34 ---	1-3
A	US 4 727 311 A (WALKER CHARLES W E) 23 February 1988 (1988-02-23) column 3, line 23 - line 40; claim 1 -----	1,4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT 01/00580

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6012324	A	11-01-2000	FI 972172 A	22-11-1998
			AU 7434898 A	11-12-1998
			EP 0983503 A	08-03-2000
			WO 9853306 A	26-11-1998
EP 0990887	A	05-04-2000	JP 2000111499 A	21-04-2000
US 4499418	A	12-02-1985	NONE	
US 5969254	A	19-10-1999	JP 7027720 A	31-01-1995
			US 5767409 A	16-06-1998
			CA 2144430 A	26-01-1995
			CN 1113320 A	13-12-1995
			EP 0664447 A	26-07-1995
			FI 951139 A	08-05-1995
			WO 9502815 A	26-01-1995
			KR 157078 B	30-03-1999
			NO 950903 A	11-05-1995
			US 5610527 A	11-03-1997
GB 798323	A	16-07-1958	NONE	
US 5603325	A	18-02-1997	US 5483965 A	16-01-1996
			US 5343863 A	06-09-1994
			US 5119820 A	09-06-1992
			US 5054490 A	08-10-1991
			US 4930511 A	05-06-1990
			AU 4742596 A	24-12-1996
			EP 0957768 A	24-11-1999
			US 6027449 A	22-02-2000
			WO 9639080 A	12-12-1996
			US 5840029 A	24-11-1998
			EP 0607377 A	27-07-1994
			JP 6509736 T	02-11-1994
			US 5349959 A	27-09-1994
			WO 9325146 A	23-12-1993
			US 5042489 A	27-08-1991
			AU 609686 B	02-05-1991
			AU 3467289 A	23-11-1989
			CA 1323090 A	12-10-1993
			DE 68929055 D	16-09-1999
			DE 68929239 D	14-09-2000
			DE 68929239 T	25-01-2001
			EP 0341969 A	15-11-1989
			EP 0721765 A	17-07-1996
			EP 0728443 A	28-08-1996
			EP 0920832 A	09-06-1999
			FI 892282 A	12-11-1989
			IL 90263 A	15-04-1997
			IL 111980 A	17-08-1999
			JP 2104337 A	17-04-1990
			JP 2885377 B	19-04-1999
			KR 149847 B	30-03-1999
			US 5099849 A	31-03-1992
EP 0430859	A	05-06-1991	US 5060514 A	29-10-1991
			AU 634317 B	18-02-1993
			AU 6705890 A	06-06-1991

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/EP 01/00580

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0430859	A	CA 2031115 A	31-05-1991
		DE 69017376 D	06-04-1995
		DE 69017376 T	29-06-1995
		IE 904312 A	05-06-1991
		JP 3223669 A	02-10-1991
		US 5313820 A	24-05-1994
		US 5369979 A	06-12-1994
		US 5452621 A	26-09-1995
US 4265125	A	05-05-1981	NONE
US 4727311	A	23-02-1988	US 4962384 A
			09-10-1990

INTERNATIONALE RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT 01/00580

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G01N29/18 G01N9/24

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01N

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 6 012 324 A (JAKKULA PEKKA ET AL) 11. Januar 2000 (2000-01-11) Spalte 2, Zeile 47 -Spalte 5, Zeile 24 ---	1-3,5
X	EP 0 990 887 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 5. April 2000 (2000-04-05) Spalte 6, Zeile 6 -Spalte 7, Zeile 1; Abbildung 1A ---	1-5
X	US 4 499 418 A (HELMS DAVID A ET AL) 12. Februar 1985 (1985-02-12) Spalte 1, Zeile 50 -Spalte 3, Zeile 46 ---	1-5
X	US 5 969 254 A (YAMAGUCHI SEIJI) 19. Oktober 1999 (1999-10-19) Spalte 5, Zeile 39 -Spalte 6, Zeile 18; Abbildungen 1,10-12 --- -/-	1-3,5



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

25. Mai 2001

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

07/06/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Skalla, J

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	GB 798 323 A (COAL INDUSTRY PATENTS LTD;LEONARD EDWARD LAWLEY) 16. Juli 1958 (1958-07-16) Seite 1, Zeile 75 -Seite 2, Zeile 32; Abbildung 4 Seite 4, Zeile 128 -Seite 5, Zeile 82 ---	1-3,5
A	US 5 603 325 A (WIENER SCOTT A ET AL) 18. Februar 1997 (1997-02-18) Spalte 1, Zeile 25 - Zeile 29 Spalte 5, Zeile 56 -Spalte 7, Zeile 59 ---	1
A	EP 0 430 859 A (PURITAN BENNETT CORP) 5. Juni 1991 (1991-06-05) Seite 4, Zeile 30 - Zeile 41 Seite 8, Zeile 40 -Seite 10, Zeile 4 ---	1-3
A	US 4 265 125 A (MAHANY RICHARD J) 5. Mai 1981 (1981-05-05) Spalte 2, Zeile 21 - Zeile 24 Spalte 2, Zeile 50 -Spalte 3, Zeile 13 Spalte 4, Zeile 30 -Spalte 6, Zeile 34 ---	1-3
A	US 4 727 311 A (WALKER CHARLES W E) 23. Februar 1988 (1988-02-23) Spalte 3, Zeile 23 - Zeile 40; Anspruch 1 -----	1,4

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die der Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PC 01/00580

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6012324 A	11-01-2000	FI 972172 A AU 7434898 A EP 0983503 A WO 9853306 A	22-11-1998 11-12-1998 08-03-2000 26-11-1998
EP 0990887 A	05-04-2000	JP 2000111499 A	21-04-2000
US 4499418 A	12-02-1985	KEINE	
US 5969254 A	19-10-1999	JP 7027720 A US 5767409 A CA 2144430 A CN 1113320 A EP 0664447 A FI 951139 A WO 9502815 A KR 157078 B NO 950903 A US 5610527 A	31-01-1995 16-06-1998 26-01-1995 13-12-1995 26-07-1995 08-05-1995 26-01-1995 30-03-1999 11-05-1995 11-03-1997
GB 798323 A	16-07-1958	KEINE	
US 5603325 A	18-02-1997	US 5483965 A US 5343863 A US 5119820 A US 5054490 A US 4930511 A AU 4742596 A EP 0957768 A US 6027449 A WO 9639080 A US 5840029 A EP 0607377 A JP 6509736 T US 5349959 A WO 9325146 A US 5042489 A AU 609686 B AU 3467289 A CA 1323090 A DE 68929055 D DE 68929239 D DE 68929239 T EP 0341969 A EP 0721765 A EP 0728443 A EP 0920832 A FI 892282 A IL 90263 A IL 111980 A JP 2104337 A JP 2885377 B KR 149847 B US 5099849 A	16-01-1996 06-09-1994 09-06-1992 08-10-1991 05-06-1990 24-12-1996 24-11-1999 22-02-2000 12-12-1996 24-11-1998 27-07-1994 02-11-1994 27-09-1994 23-12-1993 27-08-1991 02-05-1991 23-11-1989 12-10-1993 16-09-1999 14-09-2000 25-01-2001 15-11-1989 17-07-1996 28-08-1996 09-06-1999 12-11-1989 15-04-1997 17-08-1999 17-04-1990 19-04-1999 30-03-1999 31-03-1992
EP 0430859 A	05-06-1991	US 5060514 A AU 634317 B AU 6705890 A	29-10-1991 18-02-1993 06-06-1991

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung und zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 01/00580

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0430859 A		CA 2031115 A	31-05-1991
		DE 69017376 D	06-04-1995
		DE 69017376 T	29-06-1995
		IE 904312 A	05-06-1991
		JP 3223669 A	02-10-1991
		US 5313820 A	24-05-1994
		US 5369979 A	06-12-1994
		US 5452621 A	26-09-1995
US 4265125 A	05-05-1981	KEINE	
US 4727311 A	23-02-1988	US 4962384 A	09-10-1990